

5 Verfahren und Vorrichtung zum Transformieren eines Signals

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Transformieren eines Signals sowie ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erkennen einer Modemverbindung. Die Verfahren und die Vorrichtungen finden Anwendung bei der Datenkommunikation, insbesondere zwischen Modems über ein Telekommunikationsnetz.

Wenngleich moderne öffentliche Telefonnetze bereits weitgehend in Digitaltechnik realisiert sind, handelt es sich bei den meisten Teilnehmerendanschlüssen noch um analoge Anschlüsse, die primär für die Übertragung von Sprache durch Telefonendgeräte (durch Akustikkopplung) ausgelegt sind. Daher wird das über den digitalen Teil des Telefonnetzes auf einer Vierdrahtstrecke übertragene (puls-codemodulierte) Digitalsignal in einer Teilnehmeranschlußeinheit (auch „Line-card“ genannt) in ein hierzu korrespondierendes Analogsignal für eine Zweidrahtstrecke umgewandelt, also in ein Signal, in welchem die Information in der Amplitudenhöhe steckt, ehe es an den analogen Endanschluß des Teilnehmers weitergeleitet wird.

Gemäß der ITU-Empfehlung G.711 ist das im digitalen Teil des Telefonnetzes übertragene Digitalsignal in logarithmisch ansteigend beabstandeten Quantisierungsstufen codiert. Die Quantisierungsstufen werden im folgenden PCM-Werte bzw. Amplitudenhöhenwerte genannt; diese können positiv oder negativ sein). Die Umsetzung in das Analogsignal in der Teilnehmeranschlußeinheit für den analogen Teilnehmerendanschluß geschieht zunächst durch Expandierung des in logarithmisch beabstandeten Quantisierungsstufen codierten Digitalsignals in ein in linearen Quantisierungsstufen codiertes Digitalsignal (G.711/linear-

Umsetzung) und nachfolgende D/A-Wandlung. Anschließend wird das Analogsignal für die Zweidrahtstrecke konvertiert.

In einem derart ausgelegten Telefonnetz ist für die Kommunikation zwischen einem digitalen Modem auf der einen Seite (Anbieterseite, z.B. Internet-Provider) und einem analogen PCM-Modem auf der analogen anderen Seite (Teilnehmerseite) die ITU-Empfehlung V.90 bekannt und üblich. V.90 spezifiziert pulscode-modulierte Signalübertragung von der Anbieter- zu der Teilnehmerseite. Das digitale Modem liefert ein gemäß G.711 pulscodemoduliertes Signal in das digitale Telefonnetz (z.B. per ISDN-4-Drahtleitung). Das pulscodemodulierte Signal enthält PCM-Werte, die Amplitudenhöhenwerte in einem analogen Signal repräsentieren. Das PCM-Modem auf der analogen Teilnehmerseite (an einer Zweidrahtleitung) empfängt das hierzu korrespondierende Analogsignal, welches durch die D/A-Wandlung in der Teilnehmeranschlußeinheit gebildet wurde. Im PCM-Modem müssen also die ursprünglich gesendeten Amplitudenhöhenwerte (gemäß G.711) aus dem Analogsignal wiedergewonnen werden.

Im günstigsten Fall lässt sich bei der Datenübertragung vom digitalen Modem zum analogen Modem mit V.90 eine Nettoübertragungsrate von 56000 Bit/s erzielen. Die tatsächlich erreichte Übertragungsrate liegt jedoch zumeist darunter. Ein Grund hierfür liegt in der bereits erwähnten Auslegung des Telefonnetzes für die Sprachtelefonie. Das Telefonnetz realisiert nämlich eine vorgegebene Dämpfung, die dafür sorgt, daß Echobildung bei der Sprachtelefonie verhindert wird. Hierbei wird das Signal auf der Empfängerseite innerhalb der Teilnehmeranschlußeinheit gedämpft, d.h. mittels eines Verstärkers mit entsprechend kleinem Verstärkungsfaktor verstärkt. Der Verstärker kann z.B. als digitaler Multiplizierer ausgebildet sein, der jeden PCM-Wert des linear codierten Digitalsignals – also nach der Expandierung – mit einem Faktor kleiner eins multipliziert, oder in Analogtechnik, wenn er auf der analogen Strecke angeordnet ist, also hinter dem D/A-Wandler. Die vorgegebene Dämpfung des Empfangssignals hat zur Folge, daß das Analogsignal am Ausgang der Teilnehmeranschlußeinheit in amplitudenmäßig ge-

schwächerer Form vorliegt, beispielsweise um -7dB. Die Amplitudenhöhenwerte gemäß dem Digitalsignal werden also auf ein Analogsignal mit verhältnismäßig kleinen Amplitudenhöhen abgebildet. Somit wird jedoch der mögliche Aussteuerungsbereich des Analogsignals auf der analogen Strecke zum PCM-Modem auf der Teilnehmerseite nicht voll ausgeschöpft. Im so gedämpften Analogsignal fallen auch Störungen, verursacht durch die D/A-Wandlung in der Teilnehmeranschlusseinheit (z.B. Quantisierungsfehler, Nichtlinearitäten, Eigenrauschen) oder durch Rauscheinkopplung auf der analogen Telefonleitung, stärker ins Gewicht.

10

Da jedes Modem jedoch eine technische untere Grenze für die Unterscheidbarkeit zweier verschiedener Amplitudenhöhen im Analogsignal hat, lässt sich die Auflösung des Modems nicht beliebig verfeinern. Daher lässt sich das derart gedämpfte Signal beim PCM-Modem auf der Teilnehmerseite nicht mehr mit derselben Amplitudenstufenzahl auflösen wie das ungedämpfte. Als Abhilfe müsste das Sender-Modem ein Digitalsignal mit Amplitudenhöhenwerten aus einem entsprechend größeren Wertebereich liefern, damit das Empfangssignal nach der Dämpfung noch über den ganzen Amplituden-Aussteuerungsbereich variiert. Dies ist in der Praxis jedoch nur beschränkt möglich, da zu große Amplitudenhöhenwerte den D/A-Wandler in der Teilnehmeranschlusseinheit übersteuern würden und somit nichtlineare Fehler erzeugen würden. Die tatsächlich erzielbare Datenübertragungsrate ergibt sich also aus dem minimal auflösbaren Amplitudenhöhenunterschied beim PCM-Modem, den (gemäß G.711) erlaubten Amplitudenhöhenwerten sowie der maximal erlaubten Sendeleistung.

25

Gemäß V.90 gibt das PCM-Modem auf der Teilnehmerseite dem digitalen Modem auf der Sendeseite die für die jeweilige Kommunikation erlaubten Amplitudenhöhenwerte vor (Konstellation). Zur Festlegung der Konstellation werden vom PCM-Modem auf der Teilnehmerseite Testsignale des digitalen Sendermodems ausgewertet, mit denen zunächst derjenige PCM-Wert bestimmt wird, welcher der kleinsten auflösbaren Amplitudenhöhe des Modems entspricht. Die übrigen

Amplitudenhöhenwerte werden unter Berücksichtigung der logarithmischen Abstufung gemäß G.711 und dem Aussteuerungsbereich des Modems sowie der Leistungsbegrenzung für das Digitalsignal gemäß V.90 ermittelt. Im Stand der Technik wird also die Konstellation den physikalischen Gegebenheiten des analogen Übertragungsweges angepaßt. Die sich hierbei einstellende Datenübertragungsrate ist nicht von außerhalb des Modems individuell einstellbar.

Es sind zwar bereits Teilnehmeranschlußeinheiten bekannt, die eine Modemverbindung von einer Sprachverbindung unterscheiden können und, sobald eine Modemverbindung erkannt wurde, eine höhere Durchlaß-Bandbreite eines Filters in der Teilnehmeranschlußeinheit einstellen als bei einer Sprachverbindung. Allerdings bezieht sich diese Maßnahme auf das Einschwingverhalten des Filters; die Übertragungsrate wird nur unwesentlich beeinflußt. Zudem handelt es sich bei den Filtereinstellungen um zwei fest vorgegebene Einstellungen – eine für Modem, eine für Sprache –, die jeweils zu Beginn der Kommunikationsverbindung und unabhängig von den physikalischen Verhältnissen im Telefonnetz ausgewählt werden.

Sinngemäß die gleichen Probleme treten auch bei der Kommunikation zwischen anderen Geräten über das Telefonnetz auf, etwa bei Telefaxgeräten.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es daher, Verfahren sowie Vorrichtungen bereitzustellen, die eine maximale bzw. vorgegebene Datenübertragungsrate bei Kommunikationsverbindungen über das Telefonnetz ermöglichen.

Dieses Ziel wird erfindungsgemäß durch Verfahren bzw. Vorrichtungen mit den Merkmalen gemäß den unabhängigen Ansprüchen beschrieben. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

Erfundungsgemäß vorgeschlagen wird ein Verfahren zum Transformieren eines Signals einer Vierdrahtstrecke, welches diskrete Amplitudenhöhenwerte zur Um-

- wandlung in ein dazu korrespondierendes Analogsignal mit den Amplitudenhöhenwerten einer Zweidrahtstrecke aufweist, wobei das Analogsignal bestimmt ist für eine im Bereich der Zweidrahtstrecke anschließbare Datenkommunikationseinrichtung mit vorbestimmtem amplitudenmäßigen Auflösungsvermögen für das
- 5 Analogsignal, wobei die Amplitudenhöhenwerte des Signals im Bereich der Vierdrahtstrecke jeweils durch Anwenden einer Transformation umgeformt werden, die so bestimmt wird, daß die Anzahl der verschiedenen durch die Kommunikationseinrichtung amplitudenmäßig auflösbarer Amplitudenhöhenwerte im Analogsignal ein vorgebares Kriterium erfüllt.
- 10 Die Erfindung nutzt die Erkenntnis, daß durch Transformieren der Amplitudenhöhenwerte des Signals im Bereich der Vierdrahtstrecke die Anzahl der auflösbarer, also nutzbaren Amplitudenhöhenwerte im Signal beeinflußbar ist, und zwar derart, daß eine maximale bzw. vorgegebene Datenübertragungsrate bei der Kommunikation erzielt wird.
- 15 Dies führt zu einer veränderlichen Transformation der Amplitudenhöhenwerte, im Gegensatz zu der im Stand der Technik üblichen konstanten Verstärkung (bzw. Dämpfung) des Signals über die gesamte Dauer und unabhängig von den Übertragungsverhältnissen der (analogen) Zweidrahtstrecke.
- 20 Das Kriterium kann eine maximale Anzahl verschiedener Amplitudenhöhenwerte sein. Dann wird die Datenübertragungsrate maximiert.
- 25 Wenn als Kriterium ein vorbestimmter Größenbereich der Anzahl gewählt ist, lassen sich Datenübertragungsraten erzielen, die einem vorbestimmten Bereich entsprechen. Der Größenbereich kann demgemäß auch eine vorbestimmte geringe Anzahl von Amplitudenhöhenwerten umfassen, wenn – z.B. seitens des Telefonnetzbetreibers – nur eine vorbestimmte kleine Datenübertragungsrate zugelassen
- 30 werden soll.

Die Transformation kann eine Multiplikation der Amplitudenhöhenwerte mit einem Faktor darstellen. Diese lässt sich mit einem Multiplizierer realisieren.

Vorteilhafterweise wird der Faktor durch Ermittlung der Konstellation des Signals bestimmt, beispielsweise auf Basis der Ermittlung der minimalen durch die Kommunikationseinrichtung auflösbarer Differenz zweier Amplitudenhöhenwerte des Analogsignals.

Das Signal kann das Signal Amplitudenhöhenwerte einer vorgegebenen Teilung aufweisen, insbesondere gemäß ITU-Empfehlung G.711, wie sie derzeit in vielen Telekommunikationsnetzen verwendet wird.

Der Faktor kann aus der Konstellation des Signals ermittelt werden, dessen Amplitudenhöhenwerte mit einem vorbestimmten kleinen Faktor multipliziert werden, insbesondere einem Faktor, bei dem für jeweils mindestens drei Amplitudenhöhenwerte der auflösbare Amplitudenabstand zu dem jeweils vorherigen Amplitudenhöhenwert um weniger als 25 % abweicht.

- Der Faktor kann durch die folgenden Schritte ermittelt werden:
- 20 a) Bestimmen des kleinsten durch die Datenkommunikationseinrichtung auflösbarer Amplitudenhöhenwerts;
 - b) Bestimmen des größten Amplitudenhöhenwert, dessen Universalcode-Abstand zum nächstgrößeren Amplitudenhöhenwert eine vorbestimmte Bedingung erfüllt;
 - 25 c) Bilden der Amplitudenhöhdifferenz zwischen dem bestimmten größten Amplitudenhöhenwerts und dem bestimmten kleinsten Amplitudenhöhenwerts;
 - d) Zählen der Anzahl der Amplitudenhöhenwerte zwischen dem größten und dem kleinsten Amplitudenhöhenwert der Konstellation, Reduzieren der Anzahl um 1;

- e) Bilden des Quotienten aus der Amplitudenhöhdifferenz und der reduzierten Anzahl;
 - f) Multiplizieren des vorbestimmten Faktors mit Quotienten.
- 5 Die vorbestimmte Bedingung kann „minimal 4“ lauten.
- Es ist ferner auch vorteilhaft, wenn die Transformation derart durchgeführt wird, daß jeder Amplitudenhöhenwert jeweils durch einen vorbestimmten Amplitudenhöhenwert aus einer Tabelle ersetzt wird. Die Tabelle kann durch Multiplikation der vorbestimmten Amplitudenhöhenwerte mit einem Faktor erstellt werden.
- 10 Die transformierten Amplitudenhöhenwerte können (anstelle exakter Berechnungen) lediglich eine vorbestimmte Genauigkeit, insbesondere mindestens 12 Bit, aufweisen.
- 15 Wahlweise kann das Verfahren auf das digitale Signal angewandt werden oder aber auf das analoge Signal (also nach der D/A-Wandlung), jedoch jeweils im Bereich der Vierdrahtstrecke.
- 20 Die Kommunikationseinrichtung kann ein PCM-Modem sein und das Signal von einem digitalen Modem stammen. Das Verfahren ist für V.90 geeignet.
- 25 Die Kompatibilität mit der Sprachtelefonie bleibt erhalten, wenn zu Beginn einer jeden Kommunikation eine Modemerkennung durchgeführt wird und das erfundungsgemäße Transformationsverfahren nur dann ausgeführt wird, wenn eine Modemverbindung erkannt wird, vorteilhafterweise mittels des erfundungsgemäßigen Verfahrens. Dann wird also die optimierte Verstärkung nur dann durchgeführt, wenn tatsächlich eine Modemverbindung gegeben ist. Andernfalls bleibt die Dämpfung für Sprachtelefonie eingestellt.

Hierzu umfaßt die Erfindung auch ein Verfahren zum Erkennen einer Modemverbindung aus einem Signal mit den folgenden Schritten:

- 5 a) Überprüfen, ob das Signal eine Ruhezeit von 70 bis 80 ms aufweist, und, wenn die Signalamplitude der Ruhezeit einen vorbestimmten niedrigen Amplitudenhöhenwert entspricht, Ausgeben eines Modemerkennungssignals,
- 10 b) andernfalls, wenn die Ruhezeit mehr als 80 ms beträgt, überprüfen, ob das der Ruhezeit folgende Signal ein vorbestimmtes charakteristisches Signal eines pulscodemodulierten Modems ist, Ausgeben eines Modemerkennungssignals.

Das Auftreten periodischer Signale ist typisch für den Beginn einer Modemverbindung.

- 15 Als periodisches Signal kann eine Folge von zehn Amplitudenhöhenwerten, gefolgt von der Folge mit jeweils umgekehrtem Vorzeichen erkannt werden.

Ferner kann als charakteristisches Signal eine periodische Folge von sechs Amplitudenhöhenwerten mit jeweils drei konstanten positiven Werten und drei konstanten negativen Werten aufweisend erkannt werden.

Als charakteristisches Signal kann auch eine periodische Folge der Amplitudenhöhenwerte P, 0, P, -P, 0, -P, wobei 0 der kleinste zulässige Amplitudenhöhenwert und P ein beliebiger anderer zulässiger Amplitudenhöhenwert ist, erkannt werden.

25 P kann hierbei ein positiver oder ein negativer Wert sein.

Bei der Modemerkennung können vorteilhafterweise Amplitudenhöhenwerte mit einer Streuung von zwei Stufen um den jeweiligen zu erkennenden Amplitudenhöhenwert dem jeweiligen Amplitudenhöhenwert zugeordnet werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erkennung einer Modemverbindung gestattet die zuverlässige Unterscheidung von Modemverbindungen und Sprachtelefonie. Im Unterschied zu bekannten Lösungen, bei denen eine Signalanalyse der Frequenz des Signals durchgeführt wird, beruht die Lösung gemäß der Erfindung

5. auf einer logischen Auswertung der PCM-Amplitudenhöhenwerte. Die Vorrichtung kommt daher im wesentlichen mit Abzähloperationen aus, die mittels eines Mikrocontrollers ausgeführt werden können. Vorteilhafterweise kann jedoch ein Signalprozessor verwendet werden. Dann ist es auch möglich, einen Signalprozessor für mehrere Teilnehmeranschlußeinheiten einzusetzen.

10

Die Modemerkennung kann mit der Transformationsvorrichtung kombiniert werden. Demgemäß kann auch die Steuerungseinrichtung zur Steuerung beider Vorrichtungen ausgestaltet werden.

15

Die Erfindung umfaßt auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Transformationsverfahrens.

20

Die Vorrichtung kann Mittel zum Speichern einer Abbildung aufweisen, in welche Werte einschreibbar sind, durch welche die Amplitudenhöhenwerte jeweils ersetzt werden. Die Mittel können als Look-up-Table realisiert sein.

25

Erstellt und auch verändert werden kann die Abbildung durch Multiplikation der vorbestimmten Amplitudenhöhenwerte mit einem Faktor. Ferner kann die Vorrichtung Mittel zum Speichern der Konstellation aufweisen. Diese können mindestens sechs Speicherbereiche jeweils mit einer Speicherkapazität aufweisen, die ausreichend ist, daß mindestens denjenigen Amplitudenhöhenwerten jeweils ein Speicherelement zuweisbar ist, bei welchen jeweils für mindestens drei Amplitudenhöhenwerte der auflösbare Amplitudenabstand zu dem jeweils vorherigen Amplitudenhöhenwert um weniger als 25 % abweicht.

30

Erfnungsgemäß kann die Konstellation zum Bestimmen des Faktors verwendet werden. Dann weist die Vorrichtung auf:

- a) Mittel zum Bestimmen des kleinsten durch die Datenkommunikations-
einrichtung auflösbarer Amplitudenhöhenwerts;
- b) Mittel zum Bestimmen des größten Amplitudenhöhenwerts, dessen Universalcode-Abstand zum nächstgrößeren Amplitudenhöhenwert eine vorbestimmte Bedingung erfüllt;
- c) Mittel zum Bilden der Amplitudenhöhendifferenz zwischen dem bestimmten größten Amplitudenhöhenwert und dem bestimmten kleinsten Amplitudenhöhenwert;
- d) Mittel zum Zählen der Anzahl der Amplitudenhöhenwerte zwischen dem größten und dem kleinsten Amplitudenhöhenwert der Konstellation, Reduzieren der Anzahl um 1;
- e) Mittel zum Bilden des Quotienten aus der Amplitudenhöhendifferenz und der reduzierten Anzahl;
- f) Mittel zum Multiplizieren des vorbestimmten Faktors mit Quotienten.

Die erfundungsgemäße Vorrichtung kann zur Anordnung in einer Teilnehmeranschlußeinheit eines Telekommunikationsnetzes vorgesehen sein.

Ferner kann die erfundungsgemäße Vorrichtung Steuerungsmittel aufweisen, insbesondere in Form von Mikrocontroller- oder als digitale Signalprozessorschaltung.

Die erfundungsgemäße Vorrichtung zum Erkennen einer Modemverbindung aus einem Signal weist auf:

- a) erste Mittel zum Überprüfen, ob das Signal Amplitudenhöhenwerte entsprechend einer Ruhezeit von 70 bis 80 ms aufweist;

- b) zweite Mittel zum Überprüfen, ob das der Ruhezeit folgende Signal ein vorbestimmtes charakteristisches Signal eines pulscodemodulierten Modems ist;
- c) Mittel zum Ausgeben eines Modemerkennungssignals.

5

Die Vorrichtung kann weiter Mittel, insbesondere einen Ringpuffer, zum Speichern von mindestens 10 Amplitudenhöhenwerten aufweisen.

- Die Vorrichtung kann auch so ausgestaltet sein, daß als charakteristisches Signal
- 10 eine Folge von zehn Amplitudenhöhenwerten P_1, \dots, P_{10} , gefolgt von der Folge mit jeweils umgekehrtem Vorzeichen $-P_1, \dots, -P_{10}$ erkannt wird.

- Die Vorrichtung kann ferner auch so ausgestaltet sein, daß als charakteristisches Signal eine Folge von sechs Impulsen mit jeweils drei konstanten positiven Amplitudenhöhenwerten und drei konstanten negativen Amplitudenhöhenwerten erkannt wird, ferner auch so, daß das als charakteristisches Signal eine Folge der Amplitudenhöhenwerte $P, 0, P, -P, 0, -P$, wobei 0 der kleinste zulässige Amplitudenhöhenwert und P ein beliebiger anderer zulässiger Amplitudenhöhenwert ist, erkannt wird.

20

Hierbei kann die Vorrichtung so ausgestaltet sein, daß bei der Modemerkennung Amplitudenhöhenwerte mit einer Streuung von zwei Stufen um den jeweiligen gesuchten Amplitudenhöhenwert dem jeweiligen Amplitudenhöhenwert zugeordnet werden.

25

Die erfindungsgemäße Transformationsvorrichtung weist besonders vorteilhaftweise eine Modemerkennungsvorrichtung auf, insbesondere diejenige gemäß der Erfindung.

- 30 Eine oder alle erfindungsgemäßen Vorrichtungen können auch in einer Codec-Einrichtung bzw. in einer Teilnehmeranschlußeinrichtung integriert sein.

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

- 5 Fig. 1 eine Teilnehmeranschlußeinheit in einem Telefonnetz,
- Fig. 2 eine logarithmische Kennlinie gemäß ITU-G.711,
- Fig. 3 eine Codec-Einheit gemäß Stand der Technik,
- Fig. 4 eine Teilnehmeranschlußeinheit mit einer erfindungsgemäßen Vorrich-tung,
- 10 Fig. 5 einen Überblick die erfindungsgemäßen Verfahren,
- Fig. 6 Aufbau und die Funktionsweise der Konstellationsanalysevorrichtung,
- Fig. 7 Beispiele von Konstellationen,
- Fig. 8 ein Beispiel einer Konstellationstabelle für einen kleinen Verstärkungs-faktor,
- 15 Fig. 9 ein Flußdiagramm für das Verfahren zur Konstellationsermittlung,
- Fig. 10 ein Flußdiagramm für das Verfahren zur Erkennung einer Modemverbin-dung,
- Fig. 11 ein Zeitablaufdiagramm für die Phasen der Modemerkenntung und der Ein-stellung des Dämpfungsfaktors,
- 20 Fig. 12 Schemata zur hardwaremäßigen Implementierung der Vorrichtung zur Erkennung einer Modemverbindung und
- Fig. 13 eine hardwaremäßige Implementierung für die erfindungsgemäßen Vor-richtungen

- 25 Fig. 1 zeigt eine Teilnehmeranschlußeinheit 2 (Linecard) im digitalen Teil eines Telefonnetzes 1. Auf der einen Seite befindet sich ein digitales Modem 50, ange-schlossen an einem digitalen Endanschluß, auf der anderen Seite ein PCM-Modem 10, angeschlossen an einem analogen Teilnehmerendanschluß 3. Das vom digitalen Telefonnetz übertragene Signal DS ist pulscodemoduliert, wobei als
- 30 Nutzinformation nur diskrete Werte, also PCM-Werte, zugelassen sind, und zwar in logarithmisch anwachsenden Quantisierungsstufen. Die Anzahl und die Grö-

ßenverhältnisse der einzelnen Quantisierungsstufen zueinander sind in der ITU-Empfehlung G.711 spezifiziert. Die PCM-Werte entsprechen Amplitudenhöhenwerten in einem dazu korrespondierenden Analogsignal AS. In der Teilnehmeranschlußeinheit 2 wird das Digitalsignal DS in das Analogsignal AS umgesetzt, ehe es zu dem betreffenden analogen Teilnehmerendanschluß 3, an den analoge Endgeräte 10 anschließbar ist, weitergeleitet wird.

Fig. 2 zeigt eine logarithmische Kennlinie gemäß ITU-G.711. Die PCM-Werte der Ordinate sind auf der Abszisse fortlaufend durch ihren Ucode-Wert (Universalcode-Wert) von 0 bis 127 numeriert.

Die herkömmliche Teilnehmeranschlußeinheit 2 weist eine Codec-Einheit 21 und eine Slic-Einheit 22 auf. Die Codec-Einheit 21 gemäß Fig. 3 umfaßt eine Expanderungseinheit 210D zur Umsetzung des logarithmisch geteilten Digitalsignals DS in ein linear geteiltes Digitalsignal DS und einen D/A-Wandler 220D, der das Digitalsignal DS in ein Analogsignal AS umsetzt. Der Verstärker 230D mit konstantem Verstärkungsfaktor realisiert die vorgegebene Dämpfung. In der Slic-Einheit 22 erfolgt die Umwandlung von einem Vierdrahtsignal in ein Zweidrahtsignal.

20

Für die Signalwandlung in umgekehrter Richtung sind ein Verstärker 230U, ein AD-Wandler 220U und eine Komprimiereinheit 210U (Linear/G.711) vorhanden.

Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 sind die erfindungsgemäße Vorrichtung 60 zum Transformieren des Signals DS, die Vorrichtung 20 zum Analysieren der Konstellation und die Vorrichtung 30 zur Erkennung einer Modemverbindung in der Teilnehmeranschlußeinheit untergebracht. Die Vorrichtung 60 ist als digitaler Multiplizierer mit einstellbarem Verstärkungsfaktor V ausgebildet. Eine Einheit 40 ist zum Steuern der Vorrichtungen 20, 30, 60 vorgesehen. Die Modemerkennungsvorrichtung 30 erhält als Eingangssignal das Signal DS. Wird eine Modemverbindung erkannt, d.h. ein digitales Modem 50 am anderen Ende der Kommuni-

kationsverbindung, so werden die Vorrichtungen 20 und 60 aktiv. Wird dagegen keine Modemverbindung erkannt, so bleibt es bei der voreingestellten Verstärkung (bzw. Dämpfung) für Sprachtelefonie.

- 5 Bei Vorliegen einer Modemverbindung wird das Digitalsignal also in der Teilnehmeranschlußeinheit derart verstärkt (bzw. gedämpft), daß eine maximale bzw. eine vorgegebene Anzahl von PCM-Werten gemäß G.711 ausgeschöpft werden können. Hierdurch läßt sich die Datenübertragungsrate bei der Datenkommunikation zwischen dem digitalen Modem 50 und dem PCM-Modem 10 maximieren
- 10 bzw. genau einstellen.

Die optimale Verstärkung kann erfindungsgemäß durch Auswertung der Konstellation des übertragenen Signals ermittelt werden. Hierzu ist eine Konstellationsanalysevorrichtung 20 vorgesehen.

- 15 Fig. 5 a bis c zeigen den Ablauf der erfindungsgemäßen Verfahren im Überblick. Nach dem Start der Kommunikation (S10) wird eine Modemerkennung (S20) durchgeführt. Wird ein Modem erkannt, so wird ein Verstärkungsfaktor V für Modembetrieb eingestellt (S30). Das Modem stellt Datenmode ein und beginnt mit der Übertragung von Daten (S40). Nun wird die Datenmode-Konstellation analysiert und hieraus die aktuelle Datenübertragungsrate mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens (S50). Ist die Datenübertragungsrate bereits optimal hinsichtlich des vorgegebenen Kriteriums (S60), so wird mit dem aktuell eingestellten Verstärkungsfaktor V fortgefahren, bis das Ende der Modemkommunikation erkannt wird (S80). Dann wird wieder der Verstärkungsfaktor V für Sprachverbindung eingestellt (S90), und der Vorgang ist beendet (S100).

- 30 Ist in Schritt S60 festgestellt worden, daß die Datenübertragungsrate noch nicht optimal ist, so wird das erfindungsgemäße Verfahren zum Transformieren des Signals gestartet (S70). In Schritt S710 wird zunächst ein kleiner Verstärkungswert V0 eingestellt. Das Modem führt einen Retrain durch, um die hierauf adap-

- tierte Konstellation festzulegen (S720). Mit dieser Konstellation wird die Datenübertragung – mit entsprechend geringer Datenübertragungsrate – vom digitalen Modem 50 zum analogen Modem 10 fortgesetzt (S730). Erfindungsgemäß wird nunmehr diese Konstellation bestimmt und analysiert (S740), und auf dieser Basis
- 5 wird der gemäß dem vorgegebenen Kriterium optimale Verstärkungsfaktor V berechnet (S750). Dieser wird jedoch nicht sofort eingestellt, sondern es wird zunächst der aktuelle Verstärkungsfaktor V₀ nochmals verringert (S760), um einen erneuten Retrain des Modems zu provozieren (S770). Zu Beginn dieses Retrains wird dann der berechnete optimale Verstärkungsfaktor V eingestellt (S780), damit
 - 10 sich das Modem mit der zu wählenden Konstellation adaptiert. Hiermit wird die optimale bzw. gewünschte Datenübertragungsrate (S790) erzielt. Die Datenübertragung wird entsprechend S80 fortgesetzt.

Gemäß den Schritten S710 bis S780 wird deutlich, daß zur Erzielung einer vorgegebenen Datenübertragungsrate die Verstärkung des Signalverstärkers verändert wird. Zur Bestimmung der Veränderung wird eine Konstellation (bzw. mehrere Konstellationen) eines Datenübertragungssignals bei sehr schwacher Verstärkung V₀ analysiert. Dies verbessert die Genauigkeit der Bestimmung des optimalen Verstärkungsfaktors V. Anschließend wird der optimale Verstärkungsfaktor V eingestellt (nachdem zuvor der Verstärkungsfaktor V₀ kurzzeitig verringert wurde), wie Fig. 5 c illustriert ist).

Fig. 6a bis c illustrieren den Aufbau und die Funktionsweise der erfindungsgemäß Konstellationsanalysevorrichtung 20. Die Konstellationsanalysevorrichtung 20 hat die Aufgabe, die im vom digitalen Modem gesendeten Digitalsignal aktuell verwenden Ucode-Werte zu bestimmen. Dazu wird ein Pufferspeicher 201 benötigt, in dem jeder verwendete Wert markiert wird. Z. B. kann ein Speicherbereich von 16 Bytes benutzt werden (vgl. Fig. 6a). Jedes Bit eines Bytes wird einem Wert zugeordnet. So werden die acht Bit des ersten Bytes jeweils den niedrigsten acht Werten zugeordnet. Die acht Bit des zweiten Bytes werden den folgenden acht Werten zugeordnet, usw. Wichtig ist die eindeutige Zuordnung eines Spei-

cherelements zu einem bestimmten Wert. Da V.90 bis zu sechs verschiedene Konstellationssätze erlaubt, ist es vorteilhaft, wenn sechs Pufferspeicher 201-206 vorhanden sind. Insgesamt sind dann 96 Bytes notwendig (vgl. Fig. 6b).

- 5 Die Konstellationsanalysevorrichtung 20 wird dadurch aktiviert, daß die Datenmodephase erreicht ist. In diesem Fall wird die Konstellation bestimmt. Dazu werden die im Signal DS folgenden Werte analysiert und das dem jeweiligen Wert zugeordnete Bit im Speicher markiert. Dieser Vorgang wird für eine bestimmte Zeit wiederholt. Diese Zeit muß so bemessen sein, daß statistisch alle in
- 10 der Konstellation enthaltenen verwendeten Amplitudenhöhenwerte mindestens einmal im Signal vorkommen, dies kann z.B. nach 4000 gesendeten Werten der Fall sein.

- Der optimale Verstärkungsfaktor V (unter Zugrundelegung der G.711-Kennlinie)
- 15 ist derjenige Faktor, bei welchem der vom PCM-Modem 10 auflösbare Amplitudenabstand genau dem Abstand zwischen zwei benachbarten Werten im selben Segment entspricht, vgl. in Fig. 6c „Dmin opt“. In diesem Fall können in diesem Segment (und in den höheren) alle 16 Werte verwendet werden. Durch die Tatsache, daß sich die Abstände der Werte gemäß G.711 von einem Segment zum
- 20 nächsttieferen Segment jeweils halbieren, ergibt für das nächsttiefe Segment, daß nur jeder zweite Wert verwendet werden kann, im übernächsten noch jeder vierte, dann noch jeder achte und schließlich nur noch jeder 16 Wert.

- Bei Verwendung der Mu-Law-Kennlinie (gemäß G.711) bedeutet dies, daß im 1.
- 25 Segment 1 Wert verwendet werden kann, im 2. Segment 2 Werte, im 3. Segment 4 Werte, im 4. Segment 8 Werte, im 5. Segment 16 Werte, Ab dem 6. Segment können alle Werte verwendet werden, wobei im 6. Segment der Abstand der verfügbaren Werte dem doppelten minimalen Abstand entspricht, im 7. Segment dem vierfachen und im 8. Segment dem 8-fachen. Bei Verwendung der A-Law-
- 30 Kennlinie (gemäß G.711) ist die Aufteilung im ersten Segment anders, da dort der Abstand der Werte in den ersten beiden Segmenten gleich ist und dort je 2 Werte

plaziert werden können. 4 Werte im dritten Segment, 8 Werte im vierten Segment, 16 Werte im 5. Segment. Können darüberhinausgehende Werte verwendet werden, so hat automatisch im 6. Segment jeder Wert den doppelten Minimalabstand, im darauffolgenden 7. Segment den vierfachen Abstand und im 8. Segment den 5 achtfachen Abstand.

Ist der minimale Abstand Dmin größer als der Abstand der Werte, zu dem sich diese Aufteilung ergibt, so bedeutet dies, daß weniger Werte verwendet werden können, vgl. wiederum Fig. 6c („Dmin ist“). Bei der Konstellationsauswertung ist 10 noch zu berücksichtigen, daß aufgrund der Vorgabe einer maximalen Sendeleistung des Signals die maximale Anzahl der verwendeten Werte limitiert ist. Typischerweise ist die Sendeleistung auf -12dB limitiert.

Beispielsweise können gemäß der A-Law-Kennlinie und einem Abstand Dmin 15 von 8 Werten im untersten Segment innerhalb des Leistungslimits n=46 Werte genutzt werden. Damit ist eine Bruttodatenrate von 52000 Bit/s möglich, die Nettodatenübertragungsrate beträgt 50667 Bit/s. Um die gemäß V.90 nächsthöhere Nettodatenübertragungsrate von 52000 Bit/s zu erreichen, muß die Anzahl der verwendeten Werte auf n=51 erhöht werden. Dies erreicht man, wenn der minimale Abstand Dmin auf 80 reduziert wird. Bei einem minimalen Abstand Dmin 20 von 64 beträgt die maximale Anzahl der Werte n=66. Damit wird eine Bruttodatenübertragungsrate von 56000 Bit/s und eine Nettodatenübertragungsrate von 54667 Bit/s erreicht.

25 Erfindungsgemäß wird der Verstärkungsfaktor V für die Vorrichtung 60 so bestimmt, daß unter den gegebenen Bedingungen eines der oberen Kriterien (also eine der drei beispielhaften Datenübertragungsraten) am besten erfüllt wird. Dazu wird zuerst der minimal auflösbare Abstand der Werte (Amplitudenhöhenabstand) bestimmt. Zunächst wird der Verstärkungsfaktor auf einen Wert V0 verringert,

- damit die verfügbare Amplitudenauflösung erreicht wird und ausreichend ist, um einen Durchschnittswert über mehrere Amplitudenhöhenwerte zu bestimmen. Dies ist dann der Fall, solange der durch den nächsthöheren PCM-Wert (d.h. Amplitudenhöhenwert) auflösbare Amplitudenhöhenunterschied vom Abstand 5 zwischen den ersten beiden Amplitudenhöhenwerten um weniger als 25% abweicht.

- Der verringerte Verstärkungsfaktor V0 wird so gewählt, daß mindestens 3 Amplitudenhöhenwerte diese Bedingung erfüllen. Für den Fall, daß die verwendeten 10 Amplitudenhöhenwerte in den sechs Konstellationsmöglichkeiten unterschiedlich sind, wird der Durchschnitt der sechs gebildet.

- Aus dem Amplitudenabstand wird dann der neue, nunmehr optimale Verstärkungsfaktor V errechnet. Dazu wird der Amplitudenhöhenwert jeweils durch 128, 15 80 und 64 geteilt und dann mit dem verringerten Verstärkungsfaktor multipliziert. Die drei Ergebnisse werden dann dahingehend geprüft, welches am nächsten an dem Verstärkungsfaktor 1 ist. Dieser Wert wird als neuer Verstärkungsfaktor V für die Modemverbindung eingestellt.

- 20 Die Änderung des Verstärkungsfaktors V zu einem kleineren Wert V0 kann unmittelbar erfolgen. Sie führt zu einem Retrain zwischen den beiden Modems 10, 50. Die Änderung des Verstärkungsfaktors V zu einem größeren Wert erfolgt vorteilhafter so, daß der aktuelle Verstärkungsfaktor zunächst verringert wird und erst mit dem Erkennen des Retrainbeginns (Pause von 75 +/- 5ms) der größere 25 Verstärkungsfaktor eingestellt wird. Wird der Verstärkungsfaktor sofort zum größeren Wert geändert, kann dies zu einer so hohen Signalübersteuerung führen, daß die Initiierung eines Retrains durch das Digitalmodem 50 nicht mehr detektiert werden kann und die Verbindung abgebrochen wird.

- Mit Bezug auf die Tabellen der Fig. 7 und 8 wird ein Zahlenbeispiel für die Berechnung des Verstärkungsfaktors V gemäß dem Ausführungsbeispiel der Erfindung erklärt. Die Tabelle der Fig. 7 zeigt alle PCM-Werte (Amplitudenhöhenwerte) gemäß G.711 für einen vorgegebenen Verstärkungsfaktor V. Ucode in der 5 ersten Spalte gibt die Numerierung der Werte an. Spalte 2 und 3 definieren die Werte gemäß der Mu-Law- bzw. der A-Law-Kennlinie. Spalte 4 gibt die Werte gemäß einer Konstellation an, wie sie das Modem 10 bei dem vorgegebenen Verstärkungsfaktor V für Sprachtelefonie definiert, d.h. adaptiert.
- 10 In der Tabelle der Fig. 8 sind sechs Konstellationen unter dem verringerten Verstärkungsfaktor V0 zu 16/128 angegeben, was einer Dämpfung von -18dB entspricht. Die Konstellationsanalysevorrichtung 20 habe also in der Datenphase folgende Konstellationsdaten bestimmt und in Pufferspeichern 1 bis 6 abgelegt:
1. Puffer: 10, 29, 40, 49, 54, 59, 64, 67, 70, 73, 76, 79, 81, 83, 85, 87, 89, 91
 - 15 2. Puffer: 9, 30, 41, 50, 55, 60, 65, 68, 71, 75, 78, 80, 82, 84, 86, 88, 90
 3. Puffer: 9, 29, 40, 49, 54, 59, 64, 67, 70, 73, 76, 79, 81, 83, 85, 87, 89, 91
 4. Puffer: 9, 26, 37, 47, 52, 57, 62, 65, 68, 71, 74, 77, 80, 82, 84, 86, 88, 90, 92
 5. Puffer: 9, 28, 39, 48, 53, 58, 63, 66, 69, 72, 75, 78, 80, 82, 84, 86, 88, 90, 92
 6. Puffer: 29, 40, 49, 54, 59, 64, 67, 70, 73, 76, 79, 81, 83, 85, 87, 89, 91
- 20 Für die im ersten Pufferspeicher gespeicherte Konstellation ergeben sich – mit den zugeordneten Amplitudenhöhenwerten aus Fig. 8 – folgende Amplitudenabstände zueinander: $472-168 = 304$, $784 - 472 = 312$, $1120-784=336$, $1440 - 1120 = 320$, $1760-1440 = 320$, $2112-1760 = 352$, $2496 - 2112 = 384$. Der letzte Wert erfüllt nicht mehr die Anforderung von $304 * 1,25 = 380$ und fällt damit weg. Als Durchschnittswert der ersten 6 Wertepaare: $1944 / 6 = 324$.

- Optional, z.B. wenn sich die gespeicherten Konstellationen beträchtlich voneinander unterscheiden, können nach dem gleichen Verfahren die Konstellationen der übrigen fünf Puffer bestimmt werden. Sodann wird der Durchschnitt der ermittelten Werte gebildet. Dieser beträgt hier, über alle sechs Konstellationen gemittelt und gerundet, 324.

- Der optimale Verstärkungsfaktor V wird nunmehr dadurch bestimmt, daß der gerundete Durchschnittswert durch den Zielamplitudenabstand dividiert wird und mit diesem Ergebnis der verringerte Verstärkungsfaktor V0 multipliziert wird.

10 Hierach ergibt sich für die drei optimalen Konstellationen:

$$324/64 * 16 = 81$$

$$324/80 * 16 = 64,8$$

$$324/128 * 16 = 40,5.$$

Abhängig davon, nach welchem Kriterium (d.h. für zu erzielende Datenübertragungsrate) optimiert wird, wird nun der neue Verstärkungsfaktor V ausgewählt. Ist das Kriterium die höchstmögliche Datenübertragungsrate (also eine maximale Anzahl von Amplitudenhöhenwerten), so wird 81/128 gewählt; soll die Datenrate bei 52000 bzw. 50667 Bit/s liegen, so wird als einzustellender Faktor 64,8/128 bzw. 40,5/128 gewählt. In Fig. 7 sind die optimalen Konstellationen angegeben, mit denen die jeweiligen Datenraten zu erzielen sind. Es zeigt sich insbesondere, daß eine gegenüber der normalen Datenübertragungsrate maximierte Rate tatsächlich erzielt wird (rechte Spalte).

Zur Erzielung anderer Datenübertragungsraten wird deren minimaler Abstand entsprechend den verfügbaren Amplitudenhöhenwerten bestimmt und dieser Abstand als Zielabstand in obiger Berechnung verwendet.

- Es ist auch vorteilhaft, den Verstärkungsfaktor V in den Bereich zwischen dem rechnerisch ermittelten Optimalwert und dem der nächsthöheren Datenübertragungsrate entsprechenden Wert einzustellen. Hierbei hat sich herausgestellt, daß ein Wert näher bei der oberen Grenze zu einem erhöhten Rauschabstand der Datenkommunikation führt, während ein Wert näher der unteren Grenze (um bis zu 5% über dem rechnerisch ermittelten Wert) insbesondere für die Stabilität der Datenübertragung besonders vorteilhaft ist. Im letzteren Fall wird also im Beispiel 84 anstelle 81 bzw. 42 anstelle 40,5 eingestellt.
- 10 Die Vorrichtung 60 ist vorteilhafterweise als Multipliziereinheit ausgestaltet. Jeder auftretende Amplitudenhöhenwert wird mit demselben Verstärkungsfaktor V multipliziert. Die Verstärkung ist also linear, kann aber auch mit einer gewissen Ungenauigkeit realisiert sein, wobei z.B. das niedrigstwertige Bit unterschlagen wird. Vorteilhaft ist auch eine Realisierung als Look-up-Table, in welche für jeden Amplitudenhöhenwert der Konstellation der mit dem Faktor multiplizierte Amplitudenhöhenwert abgelegt wird. Bei der Datenübertragung wird dann ein jeder Amplitudenhöhenwert durch den abgespeicherten Wert ersetzt. Somit entfällt die ständige Berechnung der Amplitudenhöhenwerte.
- 15 Der Verstärker 60 kann aber auch auf das Analogsignal wirken, d.h. hinter der D/A-Wandlung (aber noch auf der Vierdrahtstrecke vor der SLIC-Einheit 22) angeordnet sein. Dann handelt es sich um einen steuerbaren Analogverstärker.
- 20 Zur Steuerung der Verstärkung ist eine Steuereinheit 40 vorgesehen, die als Mikrocontroller ausgebildet sein kann.

Der Datenmode unterscheidet sich vom vorherigen Trainingsmode dadurch, daß eine neue Konstellation verwendet wird und darum andere Amplitudenhöhenwerte verwendet werden. Die Bestimmung der Konstellation des Datenmodes

erfolgt erfindungsgemäß so, daß das charakteristische Signal mit dem Muster „R“ (im Vorzeichen die Folge + + + - -) gesucht wird. Fig. 9 ist ein Flußdiagramm hierzu. Wegen der Bezeichnung der Signale wird auch auf Fig. 11 Bezug genommen. Die Amplitudenhöhenwerte können unterschiedlich sein, sind jedoch durch die vorherigen Signale immer bekannt. Ri verwendet in allen sechs PCM-Werten denselben Wert (bezeichnet durch denselben Ucode). Es ist derselbe, mit welchem das TRN1d-Signal gesendet wurde. Aus Speicherung dieses Wertes während TRN1d ist dieser Wert bekannt. Rd benutzt die höchsten Werte der jeweiligen Konstellation. Damit können maximal sechs verschiedene Werte übertragen werden. Deren Werte sind durch Konstellationsbestimmung des Datennodes bekannt. Aus der Konstellationstabelle muß dazu der letzte Wert verwendet werden. Das Signal Rt hat die gleichen Eigenschaften wie Rd, jedoch mit dem Unterschied, daß die höchsten Werte der Trainingskonstellation verwendet werden. Dazu wird die Kostellation während des Signals TRN2d ausgewertet, und es werden die höchsten Werte pro Rahmenelement gespeichert.

Der Beginn von TRN2d wird durch das Ende von Ri bestimmt. Der Beginn des Datennodes wird dadurch erkannt, daß ein in der Trainingskonstellation nicht enthaltener Wert festgestellt wird. Sobald dies erkannt wurde, wird mit der Speicherung der Konstellationsdaten für den Datennode begonnen. Nach einer bestimmten Anzahl erfolgt die Auswertung der Konstellationsinformation.

Die Vorrichtung 20 wird durch neue PCM-Werte versorgt. Diese Werte werden parallel den Einheiten TRN1d-Erkennung, Ri-Erkennung, TRN2d-Erkennung und Datenmode-Konstellationserkennung zugeführt.

Bei der TRN1d-Erkennung analysiert, ob es sich um die Übertragung des TRN1d-Signals handelt. Ist dies der Fall, so wird der verwendete Amplitudenhöhenwert als Referenz für die Erkennung des Signals Ri gespeichert. Die Ri-Erkennung analysiert, ob es sich um die Übertragung des Signals Ri handelt. Die TRN2d-Erkennung unterscheidet das TRN2d-Signal vom Ri-Signal. Die Datenmode-

Konstellationserkennung unterscheidet das DM-Signal vom TRN2d-Signal und speichert die verwendeten PCM-Werte ab.

- Die Dmin-/V-Bestimmungslogik übernimmt die Bestimmung der auszuwertenden Amplitudenhöhenabstände sowie die Bestimmung der Anzahl der verwenden PCM-Werte. Daraus wird entsprechend dem gewählten Kriterium der neue Verstärkungsfaktor V bestimmt. Die Steuerung übernimmt die Triggerung der Dmin/V-Bestimmungslogik.
- Um eine Modemverbindung von einer Sprachverbindung zu unterscheiden, ist des weiteren ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zum Erkennen einer Modemverbindung implementiert. Fig. 10 zeigt ein Flußdiagramm der Routine zum Erkennen einer Modemverbindung gemäß dem Ausführungsbeispiel der Erfindung.
- Das erfindungsgemäße Verfahren macht sich den Umstand zunutze, daß das digitale Sendemodem 50 synchron zum 8kHz-Takt des Telefonnetzes arbeitet. Dadurch wird zum einen aus dem 2400Hz-Ton (Ton B) eine periodische Folge von 20 PCM-Werten, wobei nach 10 PCM-Werten eine Wiederholung stattfindet, jedoch mit vertauschten Vorzeichen. Ton B kann ein Einschwingverhalten aufweisen, d.h. die Periodizität stellt sich erst nach einer gewissen Zeit ein. Zum anderen sind alle anderen Signale nach einer Ruheperiode im Fall einer V90-Kommunikationsverbindung periodisch mit der Periode von 6 PCM-Werten aufgebaut. Demgemäß wird die dargestellte Routine für jeden PCM-Wert von neuem aufgerufen.
- Hierbei wird zunächst überprüft, ob das ankommende Digitalsignal DS ein Ruhe- signal mit einer Ruhezeit von 70 bis 80 ms ist, wobei die Signalamplitude der Ruhezeit der niedrigsten oder zweitniedrigsten zulässigen Wert entspricht. Ist dies der Fall, so handelt es sich um eine Modem-Kommunikationsverbindung. Beträgt dagegen die Ruhezeit mehr als 80 ms, so handelt es sich um eine Sprachverbin- dung.

Handelt es sich nicht um ein Ruhesignal, so wird überprüft, ob das Signal ein anderes für ein Modem charakteristisches Signal ist.

5 Als charakteristisches Signal für eine Modemverbindung erkannt wird ein eine periodische Folge von 20 PCM-Werten, wobei nach 10 PCM-Werten eine Wiederholung stattfindet, jedoch mit vertauschten Vorzeichen. Als charakteristisches Signal für eine Modemverbindung erkannt wird auch eine periodische Folge von jeweils drei positiven und drei negativen konstanten Amplitudenhöhenwerten.

10 Als weiteres charakteristisches Signal für eine Modemverbindung erkannt wird erkannt wird auch eine periodische Folge der Amplitudenhöhenwerte P, 0, P, -P, 0, -P, wobei 0 der kleinste zulässige Amplitudenhöhenwert und P ein beliebiger anderer zulässiger Amplitudenhöhenwert ist, positiv oder negativ.

15 Die Routine gemäß Fig. 10 prüft zunächst, ob der PCM-Wert (d.h. ein Amplitudenhöhenwert) ein Ruhezeichen ist. Ist dies der Fall, so wird geprüft, ob eine Zeitdauer von 70 bis 80 ms erreicht wird. Wenn ja, wird eine Modemverbindung erkannt; der Verstärkungsfaktor V des Verstärkers wird dann auf den Anfangswert gesetzt. Wird diese Zeitdauer überschritten, so handelt es sich um eine Sprachverbindung; der Verstärkungsfaktor V wird auf einen vorgegebenen Wert (z.B. -7 dB) eingestellt.

25 Ist der nächste Wert kein Ruhezeichen, so wird geprüft, ob es sich um eines der periodischen Signale Sd, Rt oder Ton B handelt. Sofern ja, handelt es sich doch um eine Modemverbindung, und der Verstärkungsfaktor V wird entsprechend eingestellt. Sofern nein, wird der Verstärkungsfaktor V für eine Sprachverbindung eingestellt.

30 Mit Bezug auf Fig. 11a bis c wird der zeitliche Ablauf der Modernerkennung erläutert. Nach Phase 1 (Fig. 11a) wird die Ruheperiode von 75 +/- 5 ms, also 70

bis 80 ms getroffen. Der Verstärkungsfaktor V für die Modemverbindung wird eingestellt. Während der sog. Probingphase sendet das digitale Modem für längere Zeit kein Signal. In diesem Fall wird nach 80 ms eine längere Ruheperiode erkannt, und es wird auf den Verstärkungsfaktor für Sprachverbindung umgeschaltet. Mit der Übertragung von Ton B durch das digitale Modem wird – nach einer Einschwingzeit – die periodische Folge von 10 Werten (ohne Vorzeichen) bzw. 20 Werten (mit Vorzeichen) erkannt. Dann wird wieder auf den Verstärkungsfaktor V für Modemverbindung umgeschaltet. Am Ende der Probingphase folgt eine längere Sendepause des digitalen Modems, ehe Phase 3 des digitalen Modems beginnt (Fig. 11b). Dies führt wieder dazu, daß auf den Verstärkungsfaktor V für Sprachverbindung umgeschaltet wird. Als erstes Signal nach der Pause wird vom digitalen Modem die Sequenz Sd gesendet, eine periodische Sequenz von 6 Amplitudenhöhenwerten. Wenn diese erkannt wird, dann wird der Verstärkungsfaktor V wiederum für Modemverbindung eingestellt. Ab diesem Zeitpunkt überträgt das digitale Modem stets ein (Nutz-)Datensignal, der Verstärkungsfaktor V für die Modemverbindung bleibt eingestellt.

Ein Spezialfall bildet die sog. „Rate Renegotiation mit Ruheperiode“. Während dieser Ruheperiode (Fig. 11c) sendet das digitale Modem ein Ruhesignal, damit das analoge Modem den integrierten Echocanceller trainieren kann. Dieses Ruhesignal führt wieder dazu, daß auf den Verstärkungsfaktor V für die Sprachverbindung umgeschaltet wird. Als Signal nach dieser Ruhepause ist Rt definiert. Dies ist wiederum ein periodisches Signal aus 6 Amplitudenhöhenwerten. Wird dieses erkannt, so wird der Verstärkungsfaktor V für Modemverbindung wieder eingestellt.

Vorteilhafterweise ist die Modemerkennung so ausgestaltet, daß beim Überprüfen Werte mit einer Streuung von zwei Stufen um den jeweiligen gesuchten Werte dem jeweiligen Wert zugeordnet werden. Dann arbeitet die Modemsignalerkennung auch bei gewissen Schwankungen im Digitalsignal noch zuverlässig.

Je nach Ausführung des PCM-Modems auf der analogen Seite kann es notwendig sein, die Umschaltung des Verstärkungsfaktors für die Modemverbindung zeitlich so durchzuführen, daß sie mit der Ausgabe der charakteristischen Signale B, R, Sd synchron verläuft. Dann ist auch bei solchen Modems, die sensitiv auf eine Phasenänderung während der Übertragung der charakteristischen Signale reagieren, gewährleistet, daß die einzustellende Datenübertragungsrate tatsächlich erreicht wird.

Wegen der Durchführung der Modemerkennung durch unkompliziertes Abzählen von Amplitudenhöhenwerten kann prinzipiell auf die Bereitstellung eines digitalen Signalprozessors verzichtet werden.

Die erfundungsgemäße Modemerkennungsvorrichtung ist im Ausführungsbeispiel mit der erfundungsgemäßen Verstärkungsvorrichtung gekoppelt. Der für die Modemverbindung eingestellte Verstärkungsfaktor V ist dann der Anfangswert V, der dann im Verlauf der Verstärkungsregelung entsprechend verändert wird. Die beiden Vorrichtungen können dann durch eine gemeinsame Steuerungseinrichtung 40 gesteuert werden.

Fig. 12 zeigt Schemata zur hardwaremäßigen Implementierung der Vorrichtung zur Modemerkennung. Für die Modemerkennung weist die Vorrichtung einen Ringspeicher oder -puffer 300 auf, in dem jeweils die letzten PCM-Werte gespeichert werden. Außerdem sind Vergleichseinheiten vorgesehen, welche auf Ruhezeichen, periodische Muster mit 10 Werten und periodische Muster mit 6 Werten vergleichen.

Im Ausführungsbeispiel wird ein Ringpuffer 300 mit 10 Elementen eingesetzt. Die Zahl 10 ist gewählt, da dann der Schreibzeiger und der Lesezeiger für die Überprüfung des periodischen Signals mit 10 PCM-Werten (d.h. Amplitudenhöhenwerten) identisch sind. Der Ringpuffer kann auch größer gewählt werden, in dem Fall sind zwei Zeiger notwendig.

Ein weiterer PCM-Wert im Digitalsignal DS durchläuft die Vergleichseinheiten 310, 320, 330, welche auf Ruhezeichen, periodisches Signal mit 10 Werten und periodisches Signal mit 6 Werten überprüfen. Die Vergleichseinheiten 310, 320, 330 vergleichen das neue PCM-Muster mit den Werten, welche aus dem Ringpuffer 300 gelesen werden. Entsprechend dem Vergleichsergebnis wird beim Ruhezeichenvergleich in Vergleichseinheit 310 der Ruhezeichenzähler 315 erhöht und der Zählerwert mit dem gültigen Fenster verglichen. Die Vergleichseinheiten für periodische Signale 320, 330 prüfen, ob die jeweilige Periodizität gegeben ist, und im Falle der 6er-Periode wird auch geprüft, ob der PCM-Wert demjenigen der Signale Sd bzw. Rt entspricht. Hierzu sind der Vergleichseinheit 320 zwei weitere Vergleichseinheiten 325, 326 nachgeschaltet. Die Vergleichseinheiten 320, 330 für die periodischen Signale liefern Statusanzeigen an eine Statusauswertungseinheit 340. Die Statusauswertungseinheit 340 bewertet die Statusanzeigen jeder Vergleichseinheit 320, 330 und gibt entsprechend den Ergebnissen der gelieferten Statusanzeige die zum Einstellen des Verstärkungsfaktors für eine Modemverbindung aus, wenn eine Modemverbindung erkannt wurde.

Am Ende der Bewertung wird der PCM-Wert an die aktuelle Zeigerstelle im Ringpuffer 300 geschrieben, anschließend werden die Zeiger um eine Position erhöht.

Die Vorrichtung 30 zur Modemerkennung kann auch mittels einer programmierbaren Steuerung (Mikroprozessor, digitaler Signalprozessor) realisiert werden, bei welcher die Speicher und Vergleichsvorgänge mittels Programmschritten durchlaufen werden. Der Ringpuffer 300 kann dabei einen beliebigen Speicherbereich innerhalb des verfügbaren Gesamtspeichers belegen.

Fig. 13 zeigt eine hardwaremäßige Implementierung für die erfundungsgemäßen Vorrichtungen. Als analoges Modem 10 kann jedes käufliche Produkt verwendet werden. Die SLIC-22-Funktionalität ist mit dem PEB 4265 von Infineon Tech-

- nologies realisiert. Dieser ist mit dem Codec PEB 3265, von Infineon Technologies, verbunden und übernimmt die Funktionen des A/D-Wandlers sowie des Treibers für den SLIC 240D, 220D. Die einstellbare Verstärkung des Verstärkers 240D ist (zunächst) auf einen Wert von z.B. 0 dB eingestellt. Die digitalen Signale für den Codec werden vom ADSP-2181 von Analog Devices in den Einheiten 60,210,20,30,40 aufbereitet und seriell übertragen. Die zweite serielle Schnittstelle des ADSP-2181 ist digital mit dem Telefonnetz 1 verbunden. Sendeseitig ist ein digitales Modem 50 angeschlossen.
- 5
- 10 Um eine bestimmte Datenübertragungsrate vorzugeben, sind in weiterer Ausgestaltung der Erfindung Mittel vorgesehen, um das Kriterium, welches die Anzahl n der Amplitudenhöhenwerte erfüllen soll, auszuwählen bzw. vorzugeben. Die Auswahl bzw. Vorgabe kann z.B. zentral, etwa seitens des Telefonnetzbetreibers gesteuert werden.
- 15
- Die erfindungsgemäßen Vorrichtungen und Verfahren zum Ermitteln des optimalen Verstärkungsfaktors aus der Konstellation lassen sich auch bei Kommunikation zwischen anderen Arten von Endgeräten einsetzen, z.B. Telefax-Geräte untereinander oder mit Modems.

5

Ausprüche

1. Verfahren zum Transformieren eines Signals (DS) einer Vierdrahtstrecke, welches diskrete Amplitudenhöhenwerte (P_1, \dots, P_n) zur Umwandlung in ein dazu korrespondierendes Analogsignal (AS) mit den Amplitudenhöhenwerten (A_1, \dots, A_n) einer Zweidrahtstrecke aufweist, wobei das Analogsignal (AS) bestimmt ist für eine im Bereich der Zweidrahtstrecke anschließbare Datenkommunikationseinrichtung mit vorbestimmtem amplitudenmäßigen Auflösungsvermögen für das Analogsignal (AS),
dadurch gekennzeichnet, daß
die Amplitudenhöhenwerte (P_1, \dots, P_n) des Signals (DS) im Bereich der Vierdrahtstrecke jeweils durch Anwenden einer Transformation (T) umgeformt werden, die so bestimmt wird, daß die Anzahl (n) der verschiedenen durch die Kommunikationseinrichtung amplitudenmäßig auflösbaren Amplitudenhöhenwerte (A_1, \dots, A_n) im Analogsignal (AS) ein vorgebares Kriterium (K) erfüllt.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Kriterium (K) eine Maximalzahl (n) verschiedener Amplitudenhöhenwerte ist.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Kriterium ein vorbestimmter Größenbereich der Anzahl (n) ist.
4. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Transformation (T) eine Multiplikation der Amplitudenhöhenwerte (P_1, \dots, P_n) mit einem Faktor (V) darstellt.

5. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Faktor (V) durch Ermittlung der Konstellation des Signals (DS) bestimmt wird.
- 5 6. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Faktor (V) auf Basis der Ermittlung der minimalen durch die Kommunikationseinrichtung (10) auflösbarer Differenz (D_{min}) zweier Amplitudenhöhenwerte (A_i, A_j) des Analogsignals (AS) bestimmt wird.
- 10 7. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Signal (DS) Amplitudenhöhenwerte (P_1, \dots, P_n) einer vorgegebenen Teilung darstellt, insbesondere gemäß ITU-Empfehlung G.711.
8. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Faktor (V) aus der Konstellation des Signals (DS) ermittelt wird, dessen Amplitudenhöhenwerte (P_1, \dots, P_n) mit einem vorbestimmten kleinen Faktor (V_0) multipliziert werden, insbesondere einem Faktor, bei dem für jeweils mindestens drei Amplitudenhöhenwerte (P_c, P_f, P_h) der auflösbare Amplitudenabstand zu dem jeweils vorherigen Amplitudenhöhenwert um weniger als 25 % abweicht.
- 20 9. Verfahren gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß zum Ermitteln des Faktors (V) weiterhin die folgenden Schritte ausgeführt werden:
- Bestimmen des kleinsten durch die Datenkommunikationseinrichtung auflösbarer Amplitudenhöhenwerts (A_{min});
 - Bestimmen des größten Amplitudenhöhenwerts (A_{max}), dessen Universalcode-Abstand (U_{code}) zum nächstgrößeren Amplitudenhöhenwert eine vorbestimmte Bedingung erfüllt;
 - Bilden der Amplitudenhöhdifferenz (D) zwischen dem bestimmten größten Amplitudenhöhenwerts (A_{max}) und dem bestimmten kleinsten Amplitudenhöhenwerts (A_{min});
- 25 30

- d) Zählen der Anzahl der Amplitudenhöhenwerte zwischen dem größten und dem kleinsten Amplitudenhöhenwert der Konstellation, Reduzieren der Anzahl um 1;
 - e) Bilden des Quotienten (Q) aus der Amplitudenhöhendifferenz (D) und der reduzierten Anzahl;
 - f) Multiplizieren des vorbestimmten Faktors (V0) mit Quotienten (Q).
10. Verfahren gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die vorbestimmte Bedingung „minimal 4“ lautet.
- 10
11. Verfahren gemäß Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß vor Schritt f) zunächst eine weitere Verringerung des Faktors (V0) durchgeführt wird.
- 15 12. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Transformation derart durchgeführt wird, daß jeder Amplitudenhöhenwert (P_1, \dots, P_n) jeweils gemäß einer Abbildungsvorschrift durch einen vorbestimmten Amplitudenhöhenwert ersetzt wird.
- 20 13. Verfahren gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildungsvorschrift durch Multiplikation der Amplitudenhöhenwerte (P_1, \dots, P_n) mit einem vorbestimmten Faktor (V) erstellt wird.
- 25 14. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die transformierten Amplitudenhöhenwerte (P_1, \dots, P_n) eine vorbestimmte Genauigkeit, insbesondere mindestens 12 Bit, aufweisen.
15. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Signal (DS) ein Analogsignal ist.

16. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kommunikationseinrichtung (10) ein PCM-Modem ist und das Signal (DS) von einem digitalen Modem (50) stammt.
- 5 17. Verfahren zum Erkennen einer Modemverbindung aus einem Signal (DS), die folgenden Schritte aufweisend:
- 10 a) Überprüfen, ob das Signal (DS) eine Ruhezeit von 70 bis 80 ms aufweist, und, wenn die Signalamplitude der Ruhezeit einen vorbestimmten niedrigen Amplitudenhöhenwert entspricht, Ausgeben eines Modemerkennungssignals,
- 15 b) andernfalls, wenn die Ruhezeit mehr als 80 ms beträgt, überprüfen, ob das der Ruhezeit folgende Signal (DS) ein vorbestimmtes charakteristisches Signal eines pulscodemodulierten Modems ist, Ausgeben eines Modemerkennungssignals.
- 20 18. Verfahren gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß als charakteristisches Signal eine Folge von zehn Amplitudenhöhenwerten P_1, \dots, P_{10} , gefolgt von der Folge mit jeweils umgekehrtem Vorzeichen $-P_1, \dots, -P_{10}$ erkannt wird.
- 25 19. Verfahren gemäß Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß als charakteristisches Signal eine periodische Folge von sechs Amplitudenhöhenwerten mit jeweils drei konstanten positiven Werten P und drei konstanten negativen Werten $-P$ erkannt wird.
- 30 20. Verfahren gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß als charakteristisches Signal eine periodische Folge von Amplitudenhöhenwerten der Werte $P, 0, P, -P, 0, -P$, wobei 0 der kleininstzulässige Amplitudenhöhenwert und P ein beliebiger anderer zulässiger Amplitudenhöhenwert ist, erkannt wird.

21. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Modemerkennung Amplitudenhöhenwerte mit einer Streuung von zwei Stufen um den jeweiligen zu erkennenden Amplitudenhöhenwert dem jeweiligen Amplitudenhöhenwert zugeordnet werden.
- 5
22. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß zunächst eine Modemerkennung durchgeführt wird, insbesondere nach dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 16 bis 20, und nur im Falle des Erkennens eines Modems die weiteren Verfahrensschritte durchgeführt werden.
- 10
23. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es in einer Telekommunikations-Teilnehmeranschlußeinheit ausgeführt wird.
- 15
24. Vorrichtung zum Durchführen des Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche.
- 20
25. Vorrichtung gemäß Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß sie Mittel zum Speichern einer Abbildung aufweist, in welche Amplitudenhöhenwerte einschreibbar sind, durch welche die Amplitudenhöhenwerte (P_1, \dots, P_n) jeweils ersetzt werden.
- 25
26. Vorrichtung gemäß Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildung durch Multiplikation der vorbestimmten Amplitudenhöhenwerte mit einem Faktor (V) erstellt wird.
27. Vorrichtung gemäß dem vorherigen Anspruch, weiter aufweisend: Mittel zum Speichern der Konstellation.
- 30
28. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 24 bis 27, dadurch gekennzeichnet, wobei die Mittel zum Speichern der Konstellation mindestens sechs

Speicherbereiche jeweils mit einer Speicherkapazität, die ausreichend ist, daß mindestens denjenigen Amplitudenhöhenwerten jeweils ein Speicherelement zuweisbar ist, bei welchen jeweils für mindestens drei Amplitudenhöhenwerte der auflösbare Amplitudenabstand zu dem jeweils vorherigen Amplitudenhöhenwert um weniger als 25 % abweicht.

- 5
29. Vorrichtung gemäß einem der vorherigen Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie zur Anordnung in einer Teilnehmeranschlußeinheit eines Telekommunikationsnetzes vorgesehen ist.
- 10
30. Vorrichtung gemäß einem der vorherigen Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie zu Beginn einer Datenübertragung zwischen einer Sendeeinrichtung und der Kommunikationseinrichtung aktiviert wird
- 15
31. Vorrichtung gemäß einem der vorherigen Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kommunikationseinrichtung (10) ein analoges PCM-Modem ist und das Signal (DS) von einem digitalen Modem (50) stammt.
- 20
32. Vorrichtung gemäß einem der vorherigen Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Steuerungsmittel (40), insbesondere Mikrocontroller oder als digitale Signalprozessorschaltung.
- 25
33. Vorrichtung zum Erkennen einer Modemverbindung aus einem Signal (DS), aufweisend:
- a) erste Mittel (310, 315, 316) zum Überprüfen, ob das Signal (DS) Amplitudenhöhenwerte entsprechend einer Ruhezeit von 70 bis 80 ms aufweist;
- b) zweite Mittel (320, 325, 326, 330) zum Überprüfen, ob das der Ruhezeit folgende Signal (DS) ein vorbestimmtes charakteristisches Signal eines pulscodemodulierten Modems ist;
- c) Mittel (340) zum Ausgeben eines Modemerkennungssignals.
- 30

34. Vorrichtung gemäß Anspruch 33, weiter aufweisend: Mittel (300), insbesondere ein Ringpuffer, zum Speichern von mindestens 10 Amplitudenhöhenwerten.
- 5
35. Vorrichtung gemäß Anspruch 33 oder 34, dadurch gekennzeichnet, daß als charakteristisches Signal eine Folge von zehn Amplitudenhöhenwerten P_1, \dots, P_{10} , gefolgt von der Folge mit jeweils umgekehrtem Vorzeichen $-P_1, \dots, -P_{10}$ erkannt wird.
- 10
36. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 33 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Mittel (320, 325, 326, 330) derart ausgestaltet sind, daß als charakteristisches Signal eine periodische Folge von jeweils drei konstanten positiven Amplitudenhöhenwerten P und drei konstanten negativen Amplitudenhöhenwerten $-P$ aufweisend erkannt wird.
- 15
37. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 33 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Mittel derart ausgestaltet sind, daß als charakteristisches Signal eine periodische Folge der Amplitudenhöhenwerte $P, 0, P, -P, 0, -P$, wobei 0 der kleinste zulässige Amplitudenhöhenwert und P ein beliebiger anderer zulässiger Amplitudenhöhenwert ist, erkannt wird.
- 20
38. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 33 bis 37, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Modemerkennung Amplitudenhöhenwerte mit einer Streuung von zwei Stufen um den jeweiligen gesuchten Amplitudenhöhenwert dem jeweiligen Amplitudenhöhenwert zugeordnet werden.
- 25
39. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 33 bis 38, weiter aufweisend: eine Modemerkennungsvorrichtung, insbesondere gemäß einem der Ansprüche 30 bis 34.
- 30

40. Codec-Einrichtung (21) mit einer Vorrichtung gemäß einem der vorherigen Vorrichtungsansprüche.
41. Teilnehmeranschlußeinrichtung (2) mit Vorrichtung gemäß einem der vorherigen Vorrichtungsansprüche.
5

Zusammenfassung

- Vorgeschlagen werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Transformieren eines Signals einer Vierdrahtstrecke, welches diskrete Amplitudenhöhenwerte zur Umwandlung in ein dazu korrespondierendes Analogsignal mit den Amplitudenhöhenwerten einer Zweidrahtstrecke aufweist, wobei das Analogsignal bestimmt ist für eine im Bereich der Zweidrahtstrecke anschließbare Datenkommunikationseinrichtung mit vorbestimmtem amplitudenmäßigen Auflösungsvermögen für das Analogsignal, wobei die Amplitudenhöhenwerte des Signals im Bereich der Vierdrahtstrecke jeweils durch Anwenden einer Transformation umgeformt werden, die so bestimmt wird, daß die Anzahl der verschiedenen durch die Kommunikationseinrichtung amplitudenmäßig auflösbaren Amplitudenhöhenwerte im Analogsignal ein vorgebares Kriterium erfüllt.